

①⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Patentschrift
⑪ DE 3509682 C2

⑤ Int. Cl. 4:
G01B 21/00

⑳ Aktenzeichen: P 35 09 682.9-52
㉑ Anmeldetag: 18. 3. 85
㉒ Offenlegungstag: 18. 9. 86
㉓ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 9. 3. 89

DE 3509682 C2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

㉔ Patentinhaber:

Dr. Johannes Heidenhain GmbH, 8225 Traunreut, DE

㉕ Erfinder:

Huber, Martin, Dipl.-Ing., 8261 Asten, DE

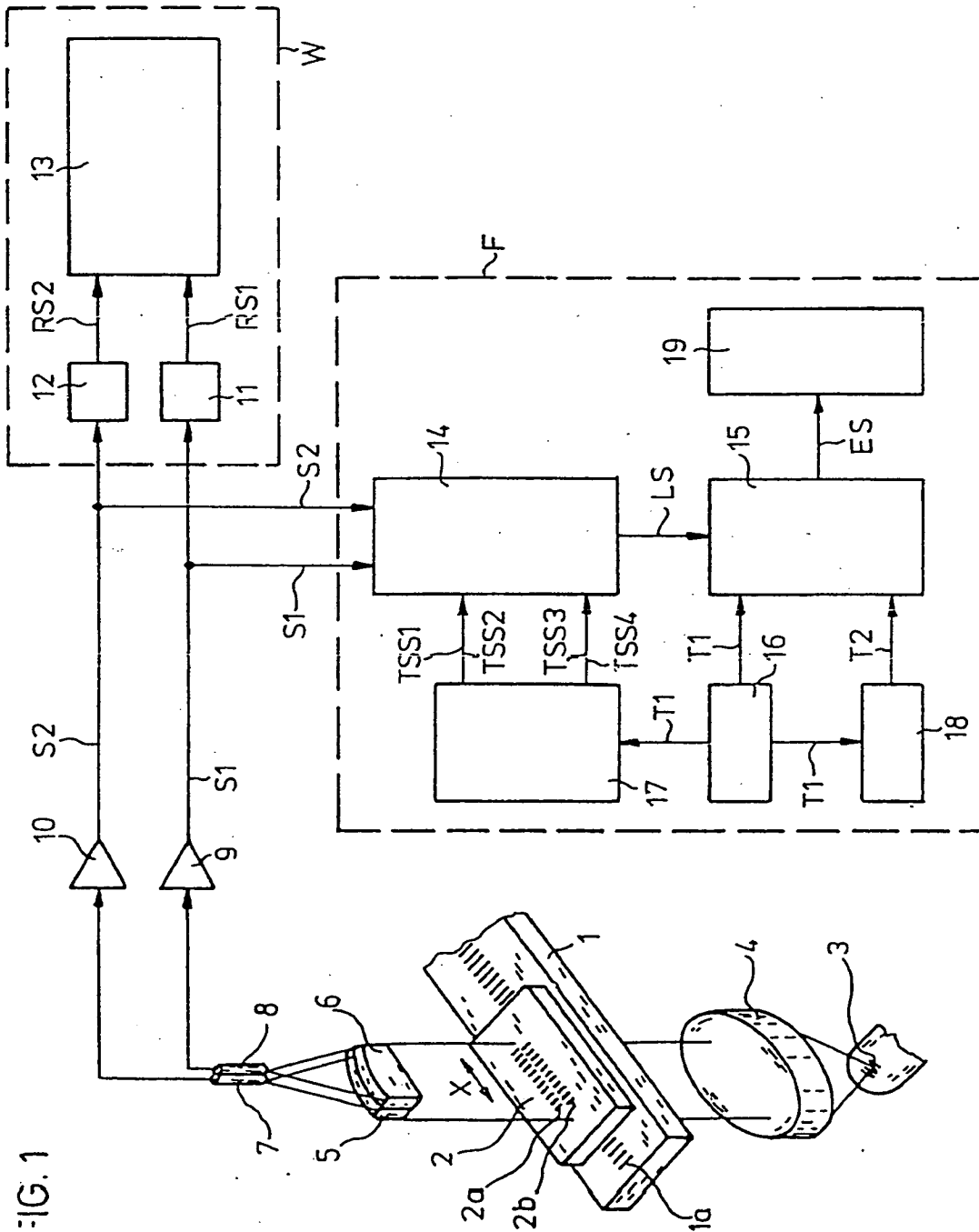
㉖ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE-PS 22 07 224
DE-PS 20 22 151
DE-AS 12 21 668
DE-OS 20 20 393
US 26 85 082

㉗ Meßeinrichtung mit einer Fehlererkennungseinrichtung

BEST AVAILABLE COPY

DE 3509682 C2



Patentansprüche

1. Meßeinrichtung zur Messung der Relativlage zweier Objekte mittels elektrischer Abtastsignale, die einmal einer Auswerteeinrichtung und zum anderen zur Grenzwertüberprüfung ihrer Amplitudenhöhen zu beiden Seiten ihrer Nulllinie einer Fehlererkennungseinrichtung zugeführt werden, die bei wenigstens einem fehlerhaften Signalparameter der Abtastsignale ein den Fehlerzustand charakterisierendes Erkennungssignal erzeugt, dadurch gekennzeichnet, daß zur periodisch alternierenden Überprüfung der Amplitudenhöhe (A_1 , $-A_1$; A_2 , $-A_2$) der Abtastsignale (S_1 , S_2) zu beiden Seiten ihrer Nulllinie (N) jeweils auf einen oberen Grenzwert (G_1 , G_4) und auf einen unteren Grenzwert (G_2 , G_3) in der Fehlererkennungseinrichtung (F) ein Taktgeber (16) mit einem Taktsignal (T_1) einen Triggerschwellenformer (17) zur periodisch alternierenden Lieferung von oberen Triggerschwellenspannungen (TSS_1 , TSS_4) für die oberen Grenzwerte (G_1 , G_4) und von unteren Triggerschwellenspannungen (TSS_2 , TSS_3) für die unteren Grenzwerte (G_2 , G_3) beaufschlagt, die mitsamt den Abtastsignalen (S_1 , S_2) an einer Logikschaltung (14) der Fehlererkennungseinrichtung (F) anliegen, daß der Taktgeber (16) mit dem Taktsignal (T_1) einen weiteren Taktgeber (18) zur Lieferung eines weiteren Taktsignals (T_2) beaufschlagt und daß das Logiksignal (LS) der Logikschaltung (14), das Taktsignal (T_1) des Taktgebers (16) und das weitere Taktsignal (T_2) des weiteren Taktgebers (18) an einem Vergleicher (15) zur Erzeugung eines periodischen Erkennungssignals (ES) anliegen.

2. Meßeinrichtung zur Messung der Relativlage zweier Objekte mittels elektrischer Abtastsignale, die einmal einer Auswerteeinrichtung und zum anderen zur Grenzwertüberprüfung ihrer Amplitudenhöhen zu beiden Seiten ihrer Nulllinie einer Fehlererkennungseinrichtung zugeführt werden, die bei wenigstens einem fehlerhaften Signalparameter der Abtastsignale ein den Fehlerzustand charakterisierendes Erkennungssignal erzeugt, dadurch gekennzeichnet, daß zur ständigen Überprüfung der Amplitudenhöhe (A_1 , $-A_1$; A_2 , $-A_2$) der Abtastsignale (S_1 , S_2) zu beiden Seiten ihrer Nulllinie (N) jeweils auf einen oberen Grenzwert (G_1 , G_4) und auf einen unteren Grenzwert (G_2 , G_3) in der Fehlererkennungseinrichtung (FT) ein Triggerschwellenformer (27) zur ständigen Lieferung von oberen Triggerschwellenspannungen (TSS_1 , TSS_4) für die oberen Grenzwerte (G_1 , G_4) und von unteren Triggerschwellenspannungen (TSS_2 , TSS_3) für die unteren Grenzwerte (G_2 , G_3) vorgesehen ist, die mitsamt den Abtastsignalen (S_1 , S_2) an einer Logikschaltung (24) der Fehlererkennungseinrichtung (FT) zur Erzeugung eines statischen Erkennungssignals (ESS) im fehlerfreien Zustand anliegen.

3. Meßeinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß in der Logikschaltung (14) die Ausgänge eines ersten Triggers (TR_1) und eines zweiten Triggers (TR_2) mit den Eingängen eines ersten Antivalenzgatters (O_1) und die Ausgänge eines dritten Triggers (TR_3) und eines vierten Triggers (TR_4) mit den Eingängen eines zweiten Antivalenzgatters (O_2) verbunden sind, daß die Aus-

gänge der beiden Antivalenzgatter (O_1 , O_2) an die Eingänge eines Undgatters (U) angeschlossen sind und daß die Eingänge der vier Trigger (TR_1 — TR_4) von den Abtastsignalen (S_1 , S_2) und von den Triggerschwellenspannungen (TSS_1 — TSS_4) beaufschlagt sind.

4. Meßeinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Vergleicher (15) einen vom Taktsignal (T_1) beaufschlagten ersten Inverter (I_1) und einen vom weiteren Taktsignal (T_2) beaufschlagten zweiten Inverter (I_2), denen ein erstes Nandgatter (N_1) nachgeschaltet ist, sowie ein vom Logiksignal (LS) und vom weiteren Taktsignal (T_2) beaufschlagtes zweites Nandgatter (N_2) aufweist und daß dem ersten Nandgatter (N_1) und dem zweiten Nandgatter (N_2) ein drittes Nandgatter (N_3) nachgeschaltet ist, an dessen Ausgang das periodische Erkennungssignal (ES) ansteht.

5. Meßeinrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß dem Vergleicher (15) eine Auswerteeinheit (19) mit zwei parallelen monostabilen Kippstufen (MF_1 , MF_2), einem Odergatter (O), einer bistabilen Kippstufe (FF), einem Verstärker (VS) und einer Warnlampe (WL) zur Auswertung des Erkennungssignals (ES) nachgeschaltet ist.

6. Meßeinrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß in der Logikschaltung (24) die Ausgänge eines ersten oberen Triggers (TR_{1o}) und eines zweiten oberen Triggers (TR_{2o}) mit den Eingängen eines ersten oberen Antivalenzgatters (O_{1o}) und die Ausgänge eines dritten oberen Triggers (TR_{3o}) und eines vierten oberen Triggers (TR_{4o}) mit den Eingängen eines zweiten oberen Antivalenzgatters (O_{2o}) verbunden sind, daß die Ausgänge der beiden oberen Antivalenzgatter (O_{1o} , O_{2o}) an die Eingänge eines oberen Undgatters (U_o) angeschlossen sind, daß die Eingänge der vier oberen Trigger (TR_{1o} — TR_{4o}) von den Abtastsignalen (S_1 , S_2) und von den oberen Triggerschwellenspannungen (TSS_1 , TSS_4) beaufschlagt sind, daß die Ausgänge eines ersten unteren Triggers (TR_{1u}) und eines zweiten unteren Triggers (TR_{2u}) mit den Eingängen eines ersten unteren Antivalenzgatters (O_{1u}) und die Ausgänge eines dritten unteren Triggers (TR_{3u}) und eines vierten unteren Triggers (TR_{4u}) mit den Eingängen eines zweiten unteren Antivalenzgatters (O_{2u}) verbunden sind, daß die Ausgänge der beiden unteren Antivalenzgatter (O_{1u} , O_{2u}) an die Eingänge eines unteren Nandgatters (N_u) angeschlossen sind, daß die Eingänge der vier unteren Trigger (TR_{1u} — TR_{4u}) von den Abtastsignalen (S_1 , S_2) und von den unteren Triggerschwellenspannungen (TSS_2 , TSS_3) beaufschlagt sind und daß die Ausgänge des oberen Undgatters (U_o) und des unteren Nandgatters (N_u) an ein Undgatter (U) angeschlossen sind.

7. Meßeinrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Logikschaltung (24) eine Auswerteeinheit (29) mit einer bistabilen Kippstufe (FF), einem Verstärker (VS) sowie mit einer Warnlampe (WL) zur Auswertung des Erkennungssignals (ESS) nachgeschaltet ist.

8. Meßeinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das aus dem Taktsignal (T_1) abgeleitete weitere Taktsignal (T_2) gegenüber dem Taktsignal (T_1) einen vorgebbaren Phasenversatz aufweist.

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Meßeinrichtung mit einer Fehlererkennungseinrichtung gemäß dem Oberbegriff der Ansprüche 1 und 2.

Absolute und inkrementale Meßeinrichtungen werden insbesondere bei Bearbeitungsmaschinen zur Messung der Relativlage eines Werkzeugs bezüglich eines zu bearbeitenden Werkstücks sowie bei Koordinatenmeßmaschinen zur Ermittlung von Lage und/oder Abmessungen von Prüfobjekten eingesetzt.

Inkremental arbeitende Lagemeßeinrichtungen beruhen bekanntlich auf der Impuls-Zuwachsmethode, in der jede Veränderung des Wertes der Meßgröße in Impulsen zählt (US-PS 26 85 082). Bei inkrementalen Meßeinrichtungen besteht somit keine feste Beziehung zu der ursprünglichen Ausgangslage. Dies hat zur Folge, daß ein einmal auftretender Meßfehler auch sämtliche nachfolgenden Messungen verfälscht.

Es sind bereits Einrichtungen zur Fehlersicherung bei inkrementalen Meßeinrichtungen bekannt geworden. Bei diesen werden in einen Übertragungsweg eingestreute Störimpulse unterdrückt, indem die zu übertragenden Signale als komplementäre Signale gleicher Phasenlage auf verschiedenen Kanälen einem logischen Netzwerk auf der Empfängerseite zugeführt werden. Über den Ausgang des logischen Netzwerkes werden nur dann Impulse abgegeben, wenn auf beiden Übertragungskanälen gleichzeitig zwei komplementäre Signale eintreffen (DE-AS 12 21 668).

Mit Einrichtungen dieser Art können jedoch keine Meßfehler festgestellt werden, die durch fehlerhafte Signalparameter der elektrischen Abtastsignale (fehlerhafte Amplitudenhöhen und Unsymmetrie der einzelnen Abtastsignale sowie Amplitudenhöhenungleichheit und fehlerhafte Phasendifferenz zwischen jeweils zwei zueinander phasenversetzten Abtastsignalen), etwa infolge von Verschmutzungen der Meßteilung, hervorgerufen werden. Bestimmte Amplitudenhöhen und eine Symmetrie der einzelnen Abtastsignale sowie eine Amplitudenhöhenungleichheit und eine bestimmte Phasendifferenz zwischen jeweils zwei Abtastsignalen sind aber Voraussetzung für eine einwandfreie Messung.

Aus der DE-PS 22 07 224 ist eine fehlergesicherte inkrementale Lagemeßeinrichtung bekannt, bei der eine Meßteilung von vier Abtastern zur Erzeugung von vier zueinander phasenversetzten Binärsignalen abgetastet wird. Ein logisches Netzwerk erzeugt mit bekannten logischen Schalt- und Verknüpfungselementen an seinem Ausgang ein Binärsignal, das gleich einem ausgewählten der vier Binärsignale der Abtaster ist, wenn an seinem Eingang eine erlaubte Kombination dieser Binärsignale bei fehlerfreiem Arbeiten der Abtaster anliegt, und das ungleich dem ausgewählten Binärsignal ist, wenn an seinem Eingang eine verbotene Kombination dieser Binärsignale bei fehlerhaftem Arbeiten der Abtaster anliegt. Das vom logischen Netzwerk erzeugte Binärsignal und das ausgewählte Binärsignal steuern jeweils einen Zähler an, deren Zählergebnisse von einem Komparator verglichen werden, der von einer Taktfrequenz beaufschlagt ist. Bei einem Gleichstand der zu vergleichenden Zählergebnisse der beiden Zähler und bei einem einwandfreien Arbeiten des Komparators liegt an dessen Ausgang wiederum die Taktfrequenz vor, deren Vorhandensein das einwandfreie Arbeiten der gesamten Einrichtung anzeigt. Diese Taktfrequenz durchläuft vor dem Komparator nacheinander noch eine Reihe von Vergleichen, die zur Überwachung der

Fehlerfreiheit der Schalt- und Verknüpfungselemente des logischen Netzwerkes jeweils Paare von Signalen dieser Elemente auf Gleichheit überprüfen. Diese aufwendige Einrichtung ist zwar eigenfehlersicher aufgebaut, benötigt aber zur Überwachung der Fehlersicherheit wenigstens vier phasenversetzte Binärsignale, die in zwei Auswerteeinrichtungen mit jeweils einem Zähler ausgewertet werden.

In der DE-PS 20 22 151 ist eine Einrichtung zur Fehlervermeidung bei inkrementalen Meßeinrichtungen beschrieben, bei der direkt an wenigstens zwei Abtastsignalen eine Kontrolle des gegenseitigen Phasenwinkels und der Amplitudenhöhen durchgeführt wird. Die phasenversetzten Abtastsignale werden gleichzeitig einer Auswerteeinrichtung und einer Fehlerüberwachungseinheit zugeführt, in der die Abtastsignale gleichgerichtet werden und aus den gleichgerichteten Abtastsignalen ein Differenzsignal erzeugt wird, dem eine konstante Schwellenspannung überlagert ist. Beim Unterschreiten des Schwellenwertes spricht eine Kipperschaltung auf das Vorzeichen der Differenz ihrer Eingangsspannungen, beispielsweise auf die Differenzspannung Null, an und löst die Fehlermeldung aus. Diese Einrichtung zur Fehlervermeidung benötigt zur Kontrolle des Phasenwinkels und der Amplitudenhöhen nur wenigstens zwei Abtastsignale, ist aber nicht eigenfehlersicher aufgebaut.

Der DE-OS 20 20 393 entnimmt man eine Einrichtung zur Fehlersicherung bei inkrementalen Meßeinrichtungen, bei der ebenfalls direkt an wenigstens zwei Abtastsignalen eine Kontrolle des gegenseitigen Phasenwinkels und der Amplitudenhöhen durchgeführt wird. Jedes der zueinander phasenversetzten Abtastsignale wird einem Fenstertrigger mit jeweils zwei gleichen Triggerschwellen zugeführt. Die Ausgangssignale der beiden Fenstertrigger steuern eine aus einem UND-Gatter bestehende Kontrollschaltung an, die überprüft, ob die Schaltzustände der beiden Fenstertrigger zusammenfallen, die den Mittenbereichen der jeweiligen Abtastsignale zugeordnet sind, und gibt in diesem Fall eine Fehlermeldung ab. Diese Einrichtung zur Fehlersicherung benötigt zur Kontrolle des Phasenwinkels und der Amplitudenhöhen ebenfalls nur wenigstens zwei Abtastsignale, ist aber gleichfalls nicht eigenfehlersicher aufgebaut und erlaubt zudem nicht ein Erkennen sämtlicher fehlerhafter Signalparameter der Abtastsignale.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Meßeinrichtung mit einer Fehlererkennungseinrichtung anzugeben, die auf einfache Weise ein Erkennen aller auftretender fehlerhafter Signalparameter wenigstens eines Abtastsignals ermöglicht.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die kennzeichnenden Merkmale der Ansprüche 1 und 2 gelöst.

Die mit der Erfindung erzielten Vorteile bestehen insbesondere darin, daß durch die vorgeschlagene Maßnahmen bei einer Meßeinrichtung eine einfache Überprüfung sämtlicher Signalparameter (Amplitudenhöhen, Symmetrie, Amplitudenhöhenungleichheit und/oder gegenseitige Phasenlage) von Abtastsignalen auf fehlerhafte Zustände mit weniger Elementen erzielt wird, so daß sich insgesamt eine einfach aufgebaute und preisgünstige Meßeinrichtung hoher Meßsicherheit ergibt. In einer bevorzugten Ausbildung der Erfindung wird eine eigenfehlersichere Überprüfung dieser Signalparameter ermöglicht, wobei das eigenfehlersichere Erkennen fehlerhafter Signalparameter von Abtastsignalen die Meßsicherheit einer solchen Meßeinrichtung weiter erhöht, so daß beispielsweise bei Bearbeitungsmaschi-

nen, an denen derartige Meßeinrichtungen zum Einsatz kommen, Fehlzeiten und Ausschuß erheblich verringert und die Betriebssicherheit wesentlich erhöht werden können. Insbesondere ist eine Überprüfung der Signalparameter von Abtastsignalen bei hochauflösenden Meßeinrichtungen von Bedeutung, bei denen eine Signalvervielfachung durch eine bekannte Interpolation bewirkt werden soll. Voraussetzung für eine einwandfreie Signalvervielfachung sind nicht nur bestimmte gleichbleibende Amplitudenhöhen und Symmetrie, sondern auch Amplitudenhöhenungleichheit und gleichbleibende gegenseitige Phasenlagen der Abtastsignale. Darüberhinaus werden auch zu große Amplitudenhöhen erfaßt, die sich bei Ausfall beispielsweise eines lichtelektrischen Abtastelements ergeben können.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung entnimmt man den Unteransprüchen.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden anhand der Zeichnung näher erläutert.

Es zeigt

Fig. 1 schematisch eine lichtelektrische inkrementale Längenmeßeinrichtung;

Fig. 2a ein Diagramm von Abtastsignalen,

Fig. 2b ein Diagramm von oberen Signalen und

Fig. 2c ein Diagramm von unteren Signalen;

Fig. 3 eine Fehlererkennungseinrichtung;

Fig. 4 ein Signaldiagramm für einen fehlerfreien Zustand;

Fig. 5–7 Signaldiagramme für mehrere fehlerhafte Zustände;

Fig. 8 eine weitere Fehlererkennungseinrichtung;

Fig. 9 ein Signaldiagramm für einen fehlerfreien Zustand und

Fig. 10–12 Signaldiagramme für mehrere fehlerhafte Zustände.

In Fig. 1 ist schematisch eine lichtelektrische inkrementale Längenmeßeinrichtung zur richtungsabhängigen Wegemessung mit einem Gittermaßstab 1 und einer darüber gleitenden Gitterabtastplatte 2 dargestellt, die in nicht gezeigter Weise jeweils mit einem von zwei zueinander verschieblichen Objekten, deren gegenseitige Relativlage gemessen werden soll, beispielsweise mit Maschinenteilen einer Bearbeitungsmaschine, verbunden sind. Die Gitterabtastplatte 2 weist zur Abtastung der inkrementalen Gitterteilung 1a des Gittermaßstabes 1 zwei Gitterteilungen 2a, 2b auf, die mit der Gitterteilung 1a des Gittermaßstabes 1 übereinstimmen und um ein Viertel ihrer Teilungsperiode zueinander versetzt sind. Der Lichtstrom einer Lampe 3 durchsetzt über einen Kondensor 4 die Gitterteilung 1a des Gittermaßstabes 1 und die beiden Gitterteilungen 2a, 2b der Gitterabtastplatte 2 und wird mittels Linsen 5, 6 auf zwei Photoelemente 7, 8 abgebildet, die jeweils einer der beiden Gitterteilungen 2a, 2b der Gitterabtastplatte 2 zugeordnet sind. Bei der Bewegung der Gitterabtastplatte 2 relativ zum Gittermaßstab 1 in Meßrichtung X erzeugen die beiden Photoelemente 7, 8 aus dem modulierten Lichtstrom zwei jeweils durch Verstärker 9, 10 verstärkte periodische Abtastsignale S1, S2, die einen gegenseitigen Phasenversatz von 90° wegen des Versatzes der beiden Gitterteilungen 2a, 2b der Gitterabtastplatte 2 um ein Viertel der Teilungsperiode aufweisen. Die beiden periodischen Abtastsignale S1, S2 werden in einer Auswertereinrichtung W mittels zweier Trigger 11, 12 in Rechtecksignale RS1, RS2 umgeformt und einem Vorwärts-/Rückwärtszähler 13 mit einem Richtungsdiskriminator zum vorzeichenrichtigen Zählen der Inkremente der Gitterteilung 1a des Gittermaßstabes 1

bei der Abtastung durch die Gitterabtastplatte 2 zugeführt. Die Zählerergebnisse des Zählers 13 stellen die Meßwerte für die Relativlage der beiden zueinander verschieblichen Objekte dar.

In Fig. 2a sind die beiden Abtastsignale S1, S2 über der Zeit t mit ihren jeweiligen Amplitudenhöhen A1, –A1, A2, –A2 beiderseits ihrer Nulllinie N dargestellt, die zur Erkennung fehlerhafter Signalparameter in Form fehlerhafter Amplitudenhöhen und/oder einer Unsymmetrie der beiden einzelnen Abtastsignale S1, S2 und/oder zur Erkennung einer Amplitudenhöhenungleichheit und/oder einer fehlerhaften Phasendifferenz zwischen den beiden Abtastsignalen S1, S2 zusätzlich einer Fehlererkennungseinrichtung F mit einer Logikschaltung 14 und einem Vergleichs 15 zugeleitet werden. Ein erster Taktgeber 16 beaufschlagt mit einem ersten Taktsignal T1 konstanter Frequenz einen Triggerschwellenformer 17, der vier Triggerschwellenspannungen TSS1, TSS2, TSS3, TSS4 (Fig. 2a) der Logikschaltung 14 zuführt. Der erste Taktgeber 16 beaufschlagt mit dem ersten Taktsignal T1 noch den Vergleichs 15 sowie einen zweiten Taktgeber 18, der dem Vergleichs 15 ein vom ersten Taktsignal T1 abgeleitetes zweites Taktsignal T2 zuführt, das mit dem ersten Taktsignal T1 in der Frequenz übereinstimmt, aber gegenüber dem ersten Taktsignal T1 einen bestimmten vorgegebenen Phasenversatz aufweist. Der Vergleichs 15 vergleicht das von der Logikschaltung 14 gelieferte Logiksignal LS mit dem ersten Taktsignal T1 des ersten Taktgebers 16 unter Steuerung durch das zweite Taktsignal T2 des zweiten Taktgebers 18. Bei einer Gleichheit zwischen dem Logiksignal LS und dem ersten Taktsignal T1 liefert der Vergleichs 15 ein periodisches Erkennungssignal ES in Form eines Rechtecksignals mit einem bestimmten Tastverhältnis, das einer Auswertereinheit 19 zugeführt wird. Bei einer Ungleichheit zwischen dem Logiksignal LS und dem ersten Taktsignal T1 wird das Tastverhältnis des periodischen Erkennungssignals ES an der Fehlerstelle verändert, so daß die Auswertereinheit 19 eine Fehleranzeige bewirkt.

In Fig. 3 ist die Fehlererkennungseinrichtung F detailliert dargestellt und hinsichtlich ihrer Wirkungsweise näher erläutert. Die Logikschaltung 14 weist zwei sogenannte Fenstertrigger FT1, FT2 auf, deren Ausgänge an die Eingänge eines Undgatters U angeschaltet sind. Der erste Fenstertrigger FT1 besteht aus zwei parallelen Trigger TR1, TR2, deren nichtinvertierenden Eingängen das erste Abtastsignal S1 zugeführt wird und deren Ausgänge jeweils mit einem Eingang eines Antivalenzgatters O1 (Exklusiv-Odergatter) verbunden sind. Der zweite Fenstertrigger FT2 besteht gleichfalls aus zwei parallelen Triggern TR3, TR4, deren nichtinvertierenden Eingängen das zweite Abtastsignal S2 zugeleitet wird und deren Ausgänge jeweils mit einem Eingang eines zweiten Antivalenzgatters O2 verbunden sind. Diese Logikschaltung 14 ist beispielsweise in der DE-OS 20 20 393 beschrieben.

Der erste Taktgeber 16 mit einem an Masse M angeschalteten Zeitglied RS, C1, zwei invertierenden Triggern TT1, TT2 und einem Rückkopplungswiderstand R6 liefert das erste Taktsignal T1, das dem Eingang des Triggerschwellenformers 17 mit vier Potentiometern P1, P2, P3, P4, einem Inverter I sowie zwei Widerständen R7, R8 zugeführt wird. Am ersten Ausgang des Triggerschwellenformers 17 liegen entsprechend dem oberen Signalzustand oder dem unteren Signalzustand des ersten Taktsignals T1 die erste obere Triggerschwellenspannung TSS1 oder die zweite untere Trig-

gerschwellenspannung $TSS2$ an, die gemeinsam einmal dem invertierenden Eingang des ersten Triggers $TR1$ und zum anderen dem invertierenden Eingang des dritten Triggers $TR3$ der Logikschaltung 14 zugeführt werden. Am zweiten Ausgang des Triggerschwellenformers 17 liegen entsprechend dem unteren Signalzustand oder dem oberen Signalzustand des ersten Taktsignals $T1$ die dritte untere Triggerschwellenspannung $TSS3$ oder die vierte obere Triggerschwellenspannung $TSS4$ an, die gemeinsam einmal dem invertierenden Eingang des zweiten Triggers $TR2$ und zum anderen dem invertierenden Eingang des vierten Triggers $TR4$ der Logikschaltung 14 zugeführt werden. Die vierte obere Triggerschwellenspannung $TSS4$ ist mit entgegengesetzter Polarität mit der ersten oberen Triggerschwellenspannung $TSS1$ betragsgleich; desgleichen ist die dritte untere Triggerschwellenspannung $TSS3$ mit entgegengesetzter Polarität mit der zweiten unteren Triggerschwellenspannung $TSS2$ betragsgleich.

In Fig. 2a sind die vier, mittels der Potentiometer $P1-P4$ des Triggerschwellenformers 17 variabel einstellbaren Triggerschwellenformers $TSS1-TSS4$ zusammen mit den beiden periodischen Abtastsignalen $S1, S2$ dargestellt. Erfindungsgemäß werden die Amplitudenhöhen $A1, -A1, A2, -A2$ der beiden Abtastsignale $S1, S2$ zu beiden Seiten ihrer Nulllinie N jeweils auf einen oberen Grenzwert $G1, G4$ und auf einen unteren Grenzwert $G2, G3$ überprüft; diese vier Grenzwerte $G1-G4$ werden durch die vier Triggerschwellenspannungen $TSS1-TSS4$ gebildet. In Fig. 2a sind die vier Triggerschwellenspannungen $TSS1-TSS4$ für den Fall dargestellt, daß die erste obere Triggerschwellenspannung $TSS1$ sowie die vierte obere Triggerschwellenspannung $TSS4$ ihre unteren zulässigen Grenzlagen und die zweite untere Triggerschwellenspannung $TSS2$ sowie die dritte untere Triggerschwellenspannung $TSS3$ ihre oberen zulässigen Grenzlagen symmetrisch zu beiden Seiten der Nulllinie N bezüglich der beiden Abtastsignale $S1, S2$ einnehmen, die durch eine dem Triggerschwellenformer 17 zugeführte Spannung VO eingestellt wird. Die beim oberen Signalzustand (logisch Eins) des ersten Taktsignals $T1$ erzeugte erste obere Triggerschwellenspannung $TSS1$ liegen im Bereich $TSS1 \geq VO + A$ und die beim oberen Signalzustand des ersten Taktsignals $T1$ erzeugte vierte obere Triggerschwellenspannung $TSS4$ im Bereich $TSS4 \leq VO - A$. Die beim unteren Signalzustand (logisch Null) des ersten Taktsignals $T1$ erzeugte zweite untere Triggerschwellenspannung $TSS2$ liegen im Bereich $TSS2 \leq VO + A/\sqrt{2}$ und die beim unteren Signalzustand des ersten Taktsignals $T1$ erzeugte dritte untere Triggerschwellenspannung $TSS3$ im Bereich $TSS3 \geq VO - A/\sqrt{2}$; A bedeutet den Betrag der beiden gleichen Amplitudenhöhen $A1, A2: A = |A1| = |A2|$.

In Fig. 2a tangieren die erste obere Triggerschwellenspannung $TSS1$ und die vierte obere Triggerschwellenspannung $TSS4$ im Falle ihrer unteren zulässigen Grenzlagen die beiden Abtastsignale $S1, S2$ in den Scheitelpunkten ihrer maximalen Amplitudenhöhen $A1, -A1, A2, -A2$, während die zweite untere Triggerschwellenspannung $TSS2$ und die dritte untere Triggerschwellenspannung $TSS3$ im Falle ihrer oberen zulässigen Grenzlagen in den gemeinsamen Schnittpunkten der beiden Abtastsignale $S1, S2$ liegen.

In Fig. 2b sind die vier oberen Triggersignale $TS1o, TS2o, TS3o, TS4o$ über der Zeit t an den Ausgängen der vier Trigger $TR1, TR2, TR3, TR4$ der Logikschal-

tung 14 dargestellt, die sich aus den Grenzlagen nur der ersten oberen Triggerschwellenspannung $TSS1$ und der vierten oberen Triggerschwellenspannung $TSS4$ bezüglich der Abtastsignale $S1, S2$ nach Fig. 2a ergeben. Die erste obere Triggerschwellenspannung $TSS1$ und die vierte obere Triggerschwellenspannung $TSS4$ ändern die oberen Schaltzustände (logisch Eins) der vier Trigger $TR1, TR2, TR3, TR4$ weder bei ihrem Anliegen noch bei ihrem Nichtanliegen nach Maßgabe des oberen oder des unteren Signalzustandes des ersten Taktsignals $T1$, wie aus Fig. 2a ersichtlich ist, so daß das erste und das dritte obere Triggersignal $TS1o, TS3o$ des ersten und des dritten Triggers $TR1, TR3$ in diesem Fall jeweils den unteren Signalzustand (logisch Null) sowie das zweite und das vierte obere Triggersignal $TS2o, TS4o$ des zweiten und des vierten Triggers $TR2, TR4$ jeweils den oberen Signalzustand (logisch Eins) innehaben. Aus dem ersten oberen Triggersignal $TS1o$ und dem zweiten oberen Triggersignal $TS2o$ werden durch das erste Alternativgatter $O1$ ein erstes oberes Alternativsignal $R12o$ mit einem oberen Signalzustand sowie aus dem dritten oberen Triggersignal $TS3o$ und dem vierten oberen Triggersignal $TS4o$ durch das zweite Alternativgatter $O2$ ein zweites oberes Alternativsignal $R34o$ mit einem oberen Signalzustand gebildet. Aus der logischen Verknüpfung der beiden oberen Alternativsignale $R12o, R34o$ ergibt sich am Ausgang des Ungatters U ein oberes Logiksignal LSo der Logikschaltung 14, das den oberen Signalzustand (logisch Eins) innehat. In Fig. 2c sind die vier unteren Triggersignale $TS1u, TS2u, TS3u, TS4u$ über der Zeit t an den Ausgängen der vier Trigger $TR1-TR4$ der Logikschaltung 14 gezeigt, die sich aus den Grenzlagen nur der zweiten unteren Triggerschwellenspannung $TSS2$ und der dritten unteren Triggerschwellenspannung $TSS3$ im Falle ihres ständigen Vorhandenseins bezüglich der beiden Abtastsignale $S1, S2$ nach Fig. 2a ergeben. Beim ersten Schnittpunkt des ersten Abtastsignals $S1$ mit der zweiten unteren Triggerschwellenspannung $TSS2$ ändern sich der untere Schaltzustand (logisch Null) der ersten Triggers $TR1$ auf den oberen Schaltzustand (logisch Eins) und beim zweiten Schnittpunkt des ersten Abtastsignals $S1$ mit der zweiten unteren Triggerschwellenspannung $TSS2$ der obere Schaltzustand wieder auf den unteren Schaltzustand des ersten Triggers $TR1$, so daß am Ausgang des ersten Triggers $TR1$ das erste untere Triggersignal $TS1u$ ansteht. Beim ersten Schnittpunkt des zweiten Abtastsignals $S2$ mit der zweiten unteren Triggerschwellenspannung $TSS2$ ändern sich der untere Schaltzustand des dritten Triggers $TR3$ auf den oberen Schaltzustand und beim zweiten Schnittpunkt des zweiten Abtastsignals $S2$ mit der zweiten unteren Triggerschwellenspannung $TSS2$ der obere Schaltzustand wieder auf den unteren Schaltzustand des dritten Triggers $TR3$, so daß am Ausgang des dritten Triggers $TR3$ das dritte untere Triggersignal $TS3u$ ansteht. In gleicher Weise ergeben sich die Änderungen der Schaltzustände des zweiten Triggers $TR2$ und des vierten Triggers $TR4$ an den Schnittpunkten der dritten unteren Triggerschwellenspannung $TSS3$ mit dem ersten Abtastsignal $S1$ und dem zweiten Abtastsignal $S2$, so daß am Ausgang des zweiten Triggers $TR2$ das zweite untere Triggersignal $TS2u$ und am Ausgang des vierten Triggers $TR4$ das vierte untere Triggersignal $TS4u$ erscheinen. Aus dem ersten unteren Triggersignal $TS1u$ und dem zweiten unteren Triggersignal $TS2u$ werden durch das erste Alternativgatter $O1$ ein erstes unteres Alternativsignal $R12u$ sowie aus dem

ritten unteren Triggersignal $TS3u$ und dem vierten unteren Triggersignal $TS4u$ durch das zweite Alternativgatter $O2$ ein zweites unteres Alternativsignal $R34u$ gebildet. Aus der logischen Verknüpfung der beiden unteren Alternativsignale $R12u$, $R34u$ ergibt sich am Ausgang des Undgatters U ein unteres Logiksignal LSu der Logikschaltung 14, das den unteren Signalzustand (logisch Null) innehat.

Das obere Logiksignal LSo nach Fig. 2b und das untere Logiksignal LSu nach Fig. 2c ergeben unter Steuerung durch das erste Taktsignal $T1$ das resultierende Logiksignal LS nach Fig. 4, das am Ausgang der Logikschaltung 14 ansteht, da während des oberen Signalzustandes des ersten Taktsignals $T1$ lediglich die erste obere Triggerschwellenspannung $TSS1$ und die vierte obere Triggerschwellenspannung $TSS4$ an den Eingängen der vier Trigger $TR1-TR4$ anliegen und somit an den Ausgängen der vier Trigger $TR1-TR4$ für diesen Zeitraum die vier oberen Triggersignale $TS1o-TS4o$ erscheinen, so daß das resultierende Logiksignal LS ebenfalls den oberen Signalzustand gemäß dem oberen Logiksignal LSo während der Dauer des oberen Signalzustandes des ersten Taktsignals $T1$ innehat. Während des unteren Signalzustandes des ersten Taktsignals $T1$ dagegen liegen lediglich die zweite untere Triggerschwellenspannung $TSS2$ und die dritte untere Triggerschwellenspannung $TSS3$ an den Eingängen der vier Trigger $TR1-TR4$ an, so daß an den Ausgängen der vier Trigger $TR1-TR4$ für diesen Zeitraum die vier unteren Triggersignale $TS1u-TS4u$ erscheinen und das resultierende Logiksignal LS gemäß dem unteren Logiksignal LSu ebenfalls den unteren Signalzustand während der Dauer des unteren Signalzustandes des ersten Taktsignals $T1$ innehat. Das resultierende Logiksignal LS ist nach Fig. 4 somit mit dem ersten Taktsignal $T1$ des ersten Taktgebers 16 für den fehlerfreien Zustand der beiden Abtastsignale $S1, S2$ gemäß Fig. 2a identisch, d. h. dieses Logiksignal LS bildet für diesen fehlerfreien Zustand der beiden Abtastsignale $S1, S2$ das erste Taktsignal $T1$ nach.

Dieses resultierende Logiksignal LS der Logikschaltung 14 wird gemäß Fig. 3 dem Vergleichler 15 zugeführt, dem zusätzlich noch das erste Taktsignal $T1$ des ersten Taktgebers 16 sowie das zweite Taktsignal $T2$ des zweiten Taktgebers 18 zugeleitet werden. Dieses zweite Taktsignal $T2$ wird vom zweiten Taktgeber 18 mittels eines an Masse M angeschlossenen Zeitgliedes $R9, C2$, eines Widerstandes $R10$ und eines invertierenden Triggers $TT3$ aus dem ersten Taktsignal $T1$ abgeleitet und besitzt gegenüber dem ersten Taktsignal $T1$ einen bestimmten vorgebbaren Phasenversatz.

Der Vergleichler 15 besteht aus einem ersten Inverter $I1$, dem das erste Taktsignal $T1$ zugeführt wird, und aus einem zweiten Inverter $I2$, dem das zweite Taktsignal $T2$ zugeleitet wird; die beiden Inverter $I1, I2$ sind an die Eingänge eines ersten Nandgatters $N1$ angeschlossen. Ein zweites Nandgatter $N2$ wird an seinem ersten Eingang vom Logiksignal LS der Logikschaltung 14 und an seinem zweiten Eingang vom zweiten Taktsignal $T2$ beaufschlagt. An das erste Nandgatter $N1$ und an das zweite Nandgatter $N2$ ist ein drittes Nandgatter $N3$ angeschlossen, das das Erkennungssignal ES für das Vorliegen oder Nichtvorliegen eines Fehlerzustandes liefert. Dieses Erkennungssignal ES besitzt die Form eines periodischen Rechtecksignals mit einem bestimmten Tastverhältnis nach Maßgabe des Phasenversatzes des zweiten Taktsignals $T2$ gegenüber dem ersten Taktsignal $T1$ beim Vorliegen eines fehlerfreien Zu-

standes und die Form eines unperiodischen Rechtecksignals mit einem veränderten Tastverhältnis an der Fehlerstelle FS beim Vorliegen eines Fehlerfalls. Das Erkennungssignal ES wird einer Auswerteeinheit 19 mit zwei parallelen monostabilen Kippstufen $MF1, MF2$, einem Odergatter O , einer bistabilen Kippstufe FF , einem Verstärker VS sowie einer Warnlampe WL zugeleitet.

In Fig. 4 ist ein Diagramm des Signalverlaufs über der Zeit t des ersten Taktsignals $T1$ des ersten Taktgebers 16, des Logiksignals LS der Logikschaltung 14 und des zweiten Taktsignals $T2$ des zweiten Taktgebers 18 an den Eingängen des Vergleichlers 15 für den fehlerfreien Zustand der Abtastsignale $S1, S2$ nach Fig. 2a dargestellt; in diesem fehlerfreien Zustand liegen die Amplitudenhöhen $A1, -A1, A2, -A2$ der Abtastsignale $S1, S2$ im erlaubten Bereich zwischen der ersten oberen und der zweiten unteren Triggerschwellenspannung $TSS1, TSS2$ bzw. zwischen der vierten oberen und der dritten unteren Triggerschwellenspannung $TSS4, TSS3$. Da sich die oberen Triggersignale $TS1o, TS2o, TS3o, TS4o$ und die unteren Triggersignale $TS1u, TS2u, TS3u, TS4u$ der vier Trigger $TR1, TR2, TR3, TR4$ in diesem fehlerfreien Zustand der beiden Abtastsignale $S1, S2$ aus den vom ersten Taktsignal $T1$ gesteuerten vier Triggerschwellenspannungen $TSS1, TSS2, TSS3, TSS4$ ergeben, ist das aus diesen oberen Triggersignalen $TS1o, TS2o, TS3o, TS4o$ und diesen unteren Triggersignalen $TS1u, TS2u, TS3u, TS4u$ resultierende Logiksignal LS mit dem ersten Taktsignal $T1$ identisch, wie oben bereits dargelegt. Die Verknüpfung des Logiksignals LS des ersten Taktsignals $T1$ und des gegenüber dem ersten Taktsignal $T1$ phasenversetzten zweiten Taktsignals $T2$ im Vergleichler 15 ergibt bei Gleichheit zwischen dem Logiksignal LS und dem ersten Taktsignal $T1$ am Ausgang des Vergleichlers 15 das periodische Erkennungssignal ES in Form eines Rechtecksignals mit einem durch den Phasenversatz zwischen dem ersten Taktsignal $T1$ und dem zweiten Taktsignal $T2$ bestimmten Tastverhältnis.

Das Erkennungssignal ES wird vom Vergleichler 15 nach folgender Gesetzmäßigkeit gebildet:

1. $ES = T2$ für $LS = T1 = 1$
2. $ES = T2$ für $LS = T1 = 0$
3. $ES = LS$ für $LS \neq T1$

Dieser Vergleichler 15 ist eigenfehlersicher aufgebaut, so daß bei einem fehlerhaften Arbeiten des Vergleichlers 15 ebenfalls ein unperiodisches Erkennungssignal ES erzeugt wird. Ein derartiger Vergleichler 15 ist beispielsweise in der DE-PS 22 07 224 beschrieben.

Das vom Vergleichler 15 nach den beiden ersten obigen Gesetzmäßigkeiten gebildete periodische Erkennungssignal ES für den fehlerfreien Zustand wird gleichzeitig den beiden parallelen monostabilen Kippstufen $MF1, MF2$ der Auswerteeinheit 19 zugeführt, denen das Odergatter O nachgeschaltet ist. Beispielsweise mögen die erste monostabile Kippstufe $MF1$ von der ansteigenden Flanke des periodischen Erkennungssignals ES und die zweite monostabile Kippstufe $MF2$ von der absteigenden Flanke des periodischen Erkennungssignals ES aus dem stabilen Zustand in den instabilen Zustand versetzt werden. Die beiden monostabilen Kippstufen $MF1, MF2$ besitzen eine derartige Zeitkonstante, daß die Dauer dieser instabilen Zustände etwas größer als die Periodendauer des periodischen Erkennungssignals ES ist; diese Periodendauer ist der zeitliche

Abstand zwischen je zwei ansteigenden Flanken oder zwischen je zwei ansteigenden Flanken des periodischen Erkennungssignals *ES*. Im fehlerfreien Zustand werden die beiden Kippstufen *MF1*, *MF2* durch das periodische Erkennungssignal *ES* somit ständig in ihren instabilen Zuständen gehalten, so daß die bistabilen Kippstufe *FF* nicht über das Obergatter *O* angesteuert wird, um über den Verstärker *VS* die Warnlampe *WL* zu betätigen.

In Fig. 5 ist ein Signaldiagramm gemäß Fig. 2 für einen ersten fehlerhaften Zustand in einem vergrößerten Ausschnitt dargestellt. Das fehlerfreie erste Abtastsignal *S1* besitzt eine korrekte Amplitudenhöhe *A1*, während das fehlerbehaftete zweite Abtastsignal *S21* einen fehlerhaften Signalparameter in Form einer zu kleiner Amplitudenhöhe *A21* aufweist; zum Vergleich ist das fehlerfreie zweite Abtastsignal *S2* mit einer korrekten Amplitudenhöhe *A2* eingezeichnet. Die erste obere Triggerschwellenspannung *TSS1* und die nicht gezeigte vierte obere Triggerschwellenspannung *TSS4* ändern die oberen Schaltzustände der vier Trigger *TR1*—*TR4* weder bei ihrem Anliegen noch bei ihrem Nichtanliegen nach Maßgabe des oberen oder des unteren Signalzustandes des ersten Taktsignals *T1*, so daß die vier nicht gezeigten oberen Triggersignale *TS1o*—*TS4o* der vier Trigger *TR1*—*TR4* mit denjenigen nach Fig. 2b übereinstimmen; aus der logischen Verknüpfung der vier oberen Triggersignale *TS1o*—*TS4o* der vier Trigger *TR1*—*TR4* der Logikschaltung 14 ergibt sich somit das obere Logiksignal *LSo* mit einem oberen Signalzustand (logisch Eins) in Übereinstimmung mit Fig. 2b.

Die zweite untere Triggerschwellenspannung *TSS2* und die nicht gezeigte dritte untere Triggerschwellenspannung *TSS3* erzeugen bei ihrem ständigen Vorhandensein die vier unteren Triggersignale *TS1u*, *TS2u*, *TS3u1*, *TS4u* an den Ausgängen der vier Trigger *TR1*—*TR4* der Logikschaltung 14. Während das erste untere Triggersignal *TS1u*, das zweite untere Triggersignal *TS2u* und das vierte untere Triggersignal *TS4u* mit denjenigen der Fig. 2c übereinstimmen, zeigt das dritte untere Triggersignal *TS3u1* an den Fehlerstellen *FS1a*, *FS1b* eine Abweichung vom exakten Schaltzeitpunkt. Aufgrund dieser Abweichung des dritten unteren Triggersignals *TS3u1* besitzt das aus der logischen Verknüpfung der vier unteren Triggersignale *TS1u*, *TS2u*, *TS3u1*, *TS4u* gewonnene untere Logiksignal *LSu1* an den Fehlerstellen *FS1a*, *FS1b* den oberen Signalzustand (logisch Eins) und im übrigen Bereich den unteren Signalzustand (logisch Null). Das obere Logiksignal *LSo* und das untere Logiksignal *LSu1* ergeben unter Steuerung durch das erste Taktsignal *T1* das resultierende Logiksignal *LS1* am Ausgang der Logikschaltung 14. Dieses resultierende Logiksignal *LS1* ist — wie aus Fig. 5 ersichtlich — an der Fehlerstellen *FS1a*, *FS1b* nicht mehr mit dem ersten Taktsignal *T1* des ersten Taktgebers 16 identisch, so daß am Ausgang des Vergleichers 15 ein erstes unperiodisches Erkennungssignal *ES1* mit einem an den Fehlerstellen *FS1a*, *FS1b* veränderten Tastverhältnis aufgrund der obigen dritten Gesetzmäßigkeit erscheint.

Dieses erste unperiodische Erkennungssignal *ES1* für den ersten fehlerhaften Zustand wird gleichzeitig den beiden parallelen monostabilen Kippstufen *MF1*, *MF2* der Auswerteeinheit 19 zugeführt. An der Fehlerstelle *FS1a* ist die erste ansteigende Flanke des ersten unperiodischen Erkennungssignals *ES1* um ein Drittel seiner Periode im fehlerfreien Bereich nach links in Richtung

der negativen Zeitachse *t* verschoben. Der zeitliche Abstand zwischen dieser nach links verschobenen ersten ansteigenden Flanke und der in positiver Richtung der Zeitachse *t* folgenden zweiten ansteigenden Flanke des ersten unperiodischen Erkennungssignals *ES1* ist größer als die Dauer des instabilen Zustandes der ersten monostabilen Kippstufe *MF1*, die somit vor dem Erreichen der zweiten ansteigenden Flanke des ersten unperiodischen Erkennungssignals *ES1* aus dem instabilen Zustand in den stabilen Zustand umschaltet und damit die bistabile Kippstufe *FF* zur Bestätigung der Warnlampe *WL* zur Anzeige dieses ersten fehlerhaften Zustandes ansteuert. An der Fehlerstelle *FS1b* schaltet die zweite monostabile Kippstufe *MF2* aus ihrem instabilen Zustand in ihren stabilen Zustand aufgrund des gegenüber der Dauer des instabilen Zustandes der zweiten monostabilen Kippstufe *MF2* größeren zeitlichen Abstandes zwischen den betreffenden beiden absteigenden Flanken des ersten unperiodischen Erkennungssignals *ES1* um und bewirkt ebenfalls die Anzeige dieses ersten fehlerhaften Zustandes mittels der Warnlampe *WL*.

Dieser erste fehlerhafte Zustand beinhaltet den Fall fehlerhafter Amplitudenhöhen des zweiten Abtastsignals *S21* und/oder den Fall einer Amplitudenhöhen- gleichzeit zwischen den beiden Abtastsignalen *S1*, *S21*.

In Fig. 6 ist ein Signaldiagramm gemäß Fig. 2 für einen zweiten fehlerhaften Zustand in einem vergrößerten Ausschnitt dargestellt. Sowohl das erste fehlerbehaftete Abtastsignal *S21* als auch das zweite fehlerbehaftete Abtastsignal *S22* weisen den fehlerhaften Signalparameter einer gleich großen Unsymmetrie bezüglich ihrer Nulllinie *N* auf, so daß ihre Amplitudenhöhen *A12*, *A22* gegenüber ihren nicht gezeigten korrekten Amplitudenhöhen *A1*, *A2* nach Fig. 2a zu groß sind. Die erste obere Triggerschwellenspannung *TSS1* erzeugt das erste obere Triggersignal *TS1o2* des ersten Triggers *TR1* und das dritte obere Triggersignal *TS3o2* des dritten Triggers *TR3* mit an den Fehlerstellen *FS2a*, *FS2b* gegenüber der Fig. 2b veränderten Signalzuständen bei ihrem ständigen Anliegen, während die nicht dargestellte vierte obere Triggerschwellenspannung *TSS4* die oberen Schaltzustände des zweiten und des vierten Triggers *TR2*, *TR4* weder bei ihrem Anliegen noch bei ihrem Nichtanliegen ändert, so daß das zweite obere Triggersignal *TS2o* und das vierte obere Triggersignal *TS4o* jeweils unverändert den oberen Signalzustand innehaben. Aus der logischen Verknüpfung der vier oberen Triggersignale *TS1o2*, *TS2o*, *TS3o2*, *TS4o* der vier Trigger *TR1*—*TR4* der Logikschaltung 14 ergibt sich somit das obere Logiksignal *LSo2* mit an den Fehlerstellen *FS2a*, *FS2b* gegenüber dem fehlerfreien Zustand abweichenden Signalzuständen.

Die zweite untere Triggerschwellenspannung *TSS2* und die nicht dargestellte dritte untere Triggerschwellenspannung *TSS3* erzeugen bei ihrem ständigen Vorhandensein die vier unteren Triggersignale *TS1u2*, *TS2u*, *TS3u2*, *TS4u* an den Ausgängen der vier Trigger *TR1*—*TR4* der Logikschaltung 14, die jeweils eine Abweichung vom exakten Schaltzeitpunkt des fehlerfreien Zustandes aufweisen. Das aus der logischen Verknüpfung der vier unteren Triggersignale *TS1u2*, *TS2u*, *TS3u2*, *TS4u* gewonnene untere Logiksignal *LSu* stimmt jedoch mit dem fehlerfreien Zustand gemäß Fig. 2c überein.

Das obere Logiksignal *LSo2* und das untere Logiksignal *LSu* ergeben unter Steuerung durch das erste Taktsignal *T1* das resultierende Logiksignal *LS2* am Aus-

gang der Logikschaltung 14. Dieses resultierende Logiksignal $LS2$ ist — wie aus Fig. 6 ersichtlich — an den Fehlerstellen $FS2a$, $FS2b$ nicht mehr mit dem ersten Taktsignal $T1$ des ersten Taktgebers 16 identisch, so daß am Ausgang des Vergleichers 15 ein zweites unperiodisches Erkennungssignal $ES2$ mit einem an den Fehlerstellen $FS2a$, $FS2b$ veränderten Tastverhältnis aufgrund der obigen dritten Gesetzmäßigkeit erscheint. Dieses zweite unperiodische Erkennungssignal $ES2$ löst an den beiden Fehlerstellen $FS2a$, $FS2b$ — wie anhand der Fig. 5 beschrieben — sowohl mit ihren ansteigenden Flanken als auch mit ihren absteigenden Flanken die Anzeige dieses zweiten fehlerhaften Zustandes mittels der Warnlampe WL aus.

Dieser zweite fehlerhafte Zustand beinhaltet den Fall fehlerhafter Amplitudenhöhen und/oder den Fall einer Unsymmetrie der beiden Abtastsignale $A1$, $A2$.

In Fig. 7 ist ein Signaldiagramm gemäß Fig. 2 für einen dritten fehlerhaften Zustand in einem vergrößerten Ausschnitt dargestellt. Das fehlerfreie erste Abtastsignal $S1$ besitzt eine korrekte Amplitudenhöhe $A1$ und eine korrekte Phasenlage, während das fehlerbehaftete zweite Abtastsignal $S2$ zwar eine korrekte Amplitudenhöhe $A2$, aber einen fehlerhaften Signalparameter in Form einer um den Betrag $\Delta\phi$ fehlerhaften Phasendifferenz bezüglich des ersten Abtastsignals $S1$ aufweist; zum Vergleich ist das fehlerfreie zweite Abtastsignal $S2$ mit einer korrekten Phasendifferenz von $\pi/2$ (90°) eingezeichnet. Wie aus der Fig. 7 ohne weiteres ersichtlich, besitzt das obere Logiksignal $LS0$ den oberen Signalzustand (logisch Eins) gemäß dem fehlerfreien Zustand in Übereinstimmung mit Fig. 2b.

Während das erste untere Triggersignal $TS1u$, das zweite untere Triggersignal $TS2u$ und das vierte untere Triggersignal $TS4u$ mit denjenigen der Fig. 2c für den fehlerfreien Zustand übereinstimmen, zeigt das dritte untere Triggersignal $TS3u$ an der Fehlerstelle $FS3$ eine Abweichung vom exakten Schaltzeitpunkt. Aufgrund dieser Abweichung des dritten unteren Triggersignals $TS3u$ besitzt das aus der logischen Verknüpfung der vier unteren Triggersignale $TS1u$, $TS2u$, $TS3u$, $TS4u$ gewonnene untere Logiksignal $LSu3$ an der Fehlerstelle $FS3$ den oberen Signalzustand (logisch Eins) und im übrigen Bereich den unteren Signalzustand (logisch Null).

Das obere Logiksignal $LS0$ und das untere Logiksignal $LSu3$ ergeben unter Steuerung durch das erste Taktsignal $T1$ das resultierende Logiksignal $LS3$ am Ausgang der Logikschaltung 14. Dieses resultierende Logiksignal $LS3$ ist — wie aus Fig. 7 ersichtlich — an der Fehlerstelle $FS3$ nicht mehr mit dem ersten Taktsignal $T1$ des ersten Taktgebers 16 identisch, so daß am Ausgang des Vergleichers 15 ein drittes unperiodisches Erkennungssignal $ES3$ mit einem an der Fehlerstelle $FS3$ veränderten Tastverhältnis aufgrund der obigen dritten Gesetzmäßigkeit erscheint. Dieses dritte unperiodische Erkennungssignal $ES3$ löst an der Fehlerstelle $FS3$ — wie anhand der Fig. 5 beschrieben — mit ihren ansteigenden Flanken die Anzeige dieses dritten fehlerhaften Zustandes mittels der Warnlampe WL aus.

Bei der vorgehend beschriebenen Fehlererkennungseinrichtung F erfolgt als wesentliches Charakteristikum die Überprüfung der Amplitudenhöhen $A1$, $A2$, — $A2$ von Abtastsignalen $S1$, $S2$ zu beiden Seiten ihrer Nulllinie N jeweils auf einen oberen Grenzwert $G1$, $G4$ und auf einen unteren Grenzwert $G1$, $G3$ mittels des ersten Taktsignals $T1$ periodisch alternierend. Diese Fehlererkennungseinrichtung F ermöglicht eine eigen-

fehlersichere Erkennung fehlerhafter Signalparameter von Abtastsignalen (fehlerhafte Amplitudenhöhen, Unsymmetrie, Amplitudenhöhenungleichheit und fehlerhafte Phasendifferenz) einzeln oder in beliebiger Kombination.

In Fig. 8 ist eine weitere Fehlererkennungseinrichtung FT gezeigt, bei der die Überprüfung der Amplitudenhöhen $A1$, $A2$, — $A2$ der Abtastsignale $S1$, $S2$ zu beiden Seiten ihrer Nulllinie N jeweils auf einen oberen Grenzwert $G1$, $G4$ und auf einen unteren Grenzwert $G2$, $G3$ nicht periodisch alternierend, sondern statisch erfolgt, indem die vier Triggerschwellenspannungen $TSS1$, $TSS2$, $TSS3$, $TSS4$ ständig an den Eingängen einer Logikschaltung 24 anliegen. Diese Logikschaltung 24 weist einmal einen ersten oberen Fenstertrigger $FT1o$ und einen zweiten oberen Fenstertrigger $FT2o$ und zum anderen einen ersten unteren Fenstertrigger $FT1u$ und einen zweiten unteren Fenstertrigger $FT2u$ auf. Die Ausgänge des ersten oberen Fenstertrigger $FT1o$ und des zweiten oberen Fenstertrigger $FT2o$ sind an die Eingänge eines oberen Undgatters Uo sowie die Ausgänge des ersten unteren Fenstertrigger $FT1u$ und des zweiten unteren Fenstertrigger $FT2u$ an die Eingänge eines unteren Nandgatters Nu angeschlossen; die Ausgänge des oberen Undgatters Uo und des unteren Nandgatters Nu sind mit den Eingängen eines Undgatters U verbunden. Der erste obere Fenstertrigger $FT1o$ besteht aus zwei parallelen oberen Triggern $TR1o$, $TR2o$, deren nichtinvertierenden Eingängen das erste Abtastsignal $S1$ zugeführt wird und deren Ausgänge jeweils mit einem Eingang eines ersten oberen Antivalenzgatters $O1o$ (Exklusiv-Odergatter) verbunden sind. Der zweite obere Fenstertrigger $FT2o$ besteht aus zwei parallelen oberen Triggern $TR3o$, $TR4o$, deren nichtinvertierenden Eingängen das zweite Abtastsignal $S2$ zugeführt wird und deren Ausgänge jeweils mit einem Eingang eines zweiten oberen Antivalenzgatters $O2o$ verbunden sind. Der erste untere Fenstertrigger $FT1u$ weist zwei parallele untere Trigger $TR1u$, $TR2u$ auf, deren nichtinvertierenden Eingängen das erste Abtastsignal $S1$ zugeführt wird und deren Ausgänge jeweils mit einem Eingang eines ersten unteren Antivalenzgatters $O1u$ verbunden sind. Der zweite untere Fenstertrigger $FT2u$ weist zwei parallele untere Trigger $TR3u$, $TR4u$ auf, deren nichtinvertierenden Eingängen das zweite Abtastsignal $S2$ zugeführt wird und deren Ausgänge jeweils mit einem Eingang eines zweiten unteren Antivalenzgatters $O2u$ verbunden sind.

Ein Triggerschwellenformer 27 mit zwei Widerständen $R11$, $R12$ und vier Potentiometer $P5$ — $P8$ ist zur Lieferung von vier Triggerschwellenspannungen $TSS1$ — $TSS4$ an der Logikschaltung 24 angeschlossen. Die erste Triggerschwellenspannung $TSS1$ ist an die invertierenden Eingänge des ersten oberen Triggers $TR1o$ und des dritten oberen Triggers $TR3o$ und die vierte obere Triggerschwellenspannung $TSS4$ an die invertierenden Eingänge des zweiten oberen Triggers $TR2o$ und des vierten oberen Triggers $TR4o$ angelegt. In gleicher Weise sind die zweite untere Triggerschwellenspannung $TSS2$ an die invertierenden Eingänge des ersten unteren Triggers $TR1u$ und des dritten unteren Triggers $TR3u$ sowie die dritte untere Triggerschwellenspannung $TSS3$ an die invertierenden Eingänge des zweiten unteren Triggers $TR2u$ und des vierten unteren Triggers $TR4u$ angelegt. Das vom Undgatter U der Logikschaltung 24 gelieferte charakteristische Erkennungssignal ESs für den fehlerfreien Zustand in Form

eines Gleichspannungssignals wird einer Auswerteeinheit 29 mit einer bistabilen Kippstufe *FF*, einem Verstärker *VS* und einer Warnlampe *WL* zugeführt.

In Fig. 9 ist ein fehlerfreier Zustand entsprechend der Fig. 2 dargestellt. Die oberen Triggersignale *TS 1o—TS 4o* der vier oberen Trigger *TR 1o—TR 4o*, die beiden oberen Antivalenzsignale *R 12o, R 34o* der beiden oberen Antivalenzgatter *O 1o, O 2o* sowie das obere Logiksignal *LSo* des oberen Undgatters *Uo* sind mit denjenigen der Fig. 2b identisch. Desgleichen sind die unteren Triggersignale *TS 1u—TS 4u* der vier unteren Trigger *TR 1u—TR 4u* und die beiden unteren Antivalenzsignale *R 12u, R 34u* der beiden unteren Antivalenzgatter *O 1u, O 2u* mit denjenigen der Fig. 2c identisch. Lediglich das untere Logiksignal *LSu* des unteren Nandgatters *Nu* ist gegenüber dem unteren Logiksignal *LSu* der Fig. 2c invertiert. Das Undgatter *U* der Logikschaltung 24 liefert daher ein Erkennungssignal *ESs* mit einem oberen Signalzustand (logisch Eins) für den fehlerfreien Zustand. Dieses Erkennungssignal *ESs* in Form eines Gleichspannungssignals mit einem oberen Signalzustand steuert die bistabile Kippstufe *FF* der Auswerteeinheit 29 nicht an, so daß die Warnlampe *WL* bei diesem fehlerfreien Zustand nicht aufleuchtet.

In Fig. 10 ist ein erster fehlerhafter Zustand entsprechend der Fig. 5 dargestellt. Das obere Logiksignal *LSo* des oberen Undgatters *Uo*, die unteren Triggersignale *TS 1u, TS 2u, TS 3u1, TS 4u* der unteren Trigger *TR 1u—TR 4u* sowie die beiden unteren Antivalenzsignale *R 12u, R 34u1* der beiden unteren Antivalenzgatter *O 1u, O 2u* stimmen mit denjenigen der Fig. 5 überein. Lediglich das untere Logiksignal *LSu1* des unteren Nandgatters *Nu* ist gegenüber dem unteren Logiksignal *LSu1* der Fig. 5 invertiert. Das Undgatter *U* der Logikschaltung 24 liefert daher ein Erkennungssignal *ESs1* für den ersten fehlerhaften Zustand. Dieses Erkennungssignal *ESs1* besitzt an den Fehlerstellen *FS 1a, FS 1b* den unteren Signalzustand und außerhalb der Fehlerstellen *FS 1a, FS 1b* den oberen Signalzustand. Die bistabile Kippstufe *FF* wird von den absteigenden Flanken des Erkennungssignals *ESs1* an den Fehlerstellen *FS 1a, FS 1b* angesteuert, so daß die Warnlampe *WL* diesen ersten fehlerhaften Zustand anzeigt.

In Fig. 11 ist ein zweiter fehlerhafter Zustand entsprechend der Fig. 6 gezeigt. Die oberen Triggersignale *TS 1o2, TS 2o, TS 3o2, TS 4o* der vier oberen Trigger *TR 1o—TR 4o*, die beiden oberen Antivalenzsignale *R 12o2, R 34o2* der beiden oberen Antivalenzgatter *O 1o, O 2o* sowie das obere Logiksignal *LSo2* des oberen Undgatters *Uo* sind mit denjenigen der Fig. 6 identisch. Desgleichen sind die unteren Triggersignale *TS 1u2, TS 2u, TS 3u2, TS 4u* der vier unteren Trigger *TR 1u—TR 4u* und die beiden unteren Antivalenzsignale *R 12u2, R 34u2* der beiden unteren Antivalenzgatter *O 1u, O 2u* mit denjenigen der Fig. 6 identisch. Lediglich das untere Logiksignal *LSu* des unteren Nandgatters *Nu* ist gegenüber dem unteren Logiksignal *LSu* der Fig. 6 invertiert. Das Undgatter *U* der Logikschaltung 24 liefert daher ein Erkennungssignal *ESs2* für den zweiten fehlerhaften Zustand. Dieses Erkennungssignal *ESs2* besitzt an den Fehlerstellen *FS 2a, FS 2b* den unteren Signalzustand und außerhalb der Fehlerstellen *FS 2a, FS 2b* den oberen Signalzustand. Die bistabile Kippstufe *FF* wird von den absteigenden Flanken des Erkennungssignals *ESs2* an den Fehlerstellen *FS 2a, FS 2b* angesteuert, so daß die Warnlampe *WL* diesen zweiten fehlerhaften Zustand anzeigt.

In Fig. 12 ist ein dritter fehlerhafter Zustand entspre-

chend der Fig. 7 dargestellt. Das obere Logiksignal *LSo* des oberen Undgatters *Uo*, die unteren Triggersignale *TS 1u, TS 2u, TS 3u3, TS 4u* der vier unteren Trigger *TR 1u—TR 4u* sowie die beiden unteren Antivalenzsignale *R 12u, R 34u3* der beiden unteren Antivalenzgatter *O 1u, O 2u* stimmen mit denjenigen der Fig. 7 überein. Lediglich das untere Logiksignal *LSu3* des unteren Nandgatters *Nu* ist gegenüber dem unteren Logiksignal *LSu3* der Fig. 7 invertiert. Das Undgatter *U* der Logikschaltung 24 liefert daher ein Erkennungssignal *ESs3* für den dritten fehlerhaften Zustand. Dieses Erkennungssignal *ESs3* besitzt an der Fehlerstelle *FS3* den unteren Signalzustand und außerhalb der Fehlerstelle *FS3* den oberen Signalzustand. Die bistabile Kippstufe *FF* wird von der absteigenden Flanke des Erkennungssignals *ESs3* an der Fehlerstelle *FS3* angesteuert, so daß die Warnlampe *WL* diesen dritten fehlerhaften Zustand anzeigt.

Die Erfindung ist sowohl bei absoluten als auch bei inkrementalen Längen- oder Winkelmeßeinrichtungen einsetzbar und zwar außer bei der beschriebenen lichtelektrischen Meßeinrichtung beispielsweise auch bei magnetischen, induktiven oder kapazitiven Meßeinrichtungen.

Bei einer absoluten Meßeinrichtung können die feinsten Codespur auch mit inkrementalen Mitteln abgetastet und das auf diese Weise ermittelte "inkrementale" Meßergebnis mit dem "absoluten" Meßergebnis zur Überwachung der fehlerfreien Arbeitsweise der absoluten Meßeinrichtung verglichen werden. Bei dieser "inkrementalen" Abtastung kann die erfindungsgemäße Fehlererkennung mit Erfolg eingesetzt werden.

Hierzu 11 Blatt Zeichnungen

FIG.2

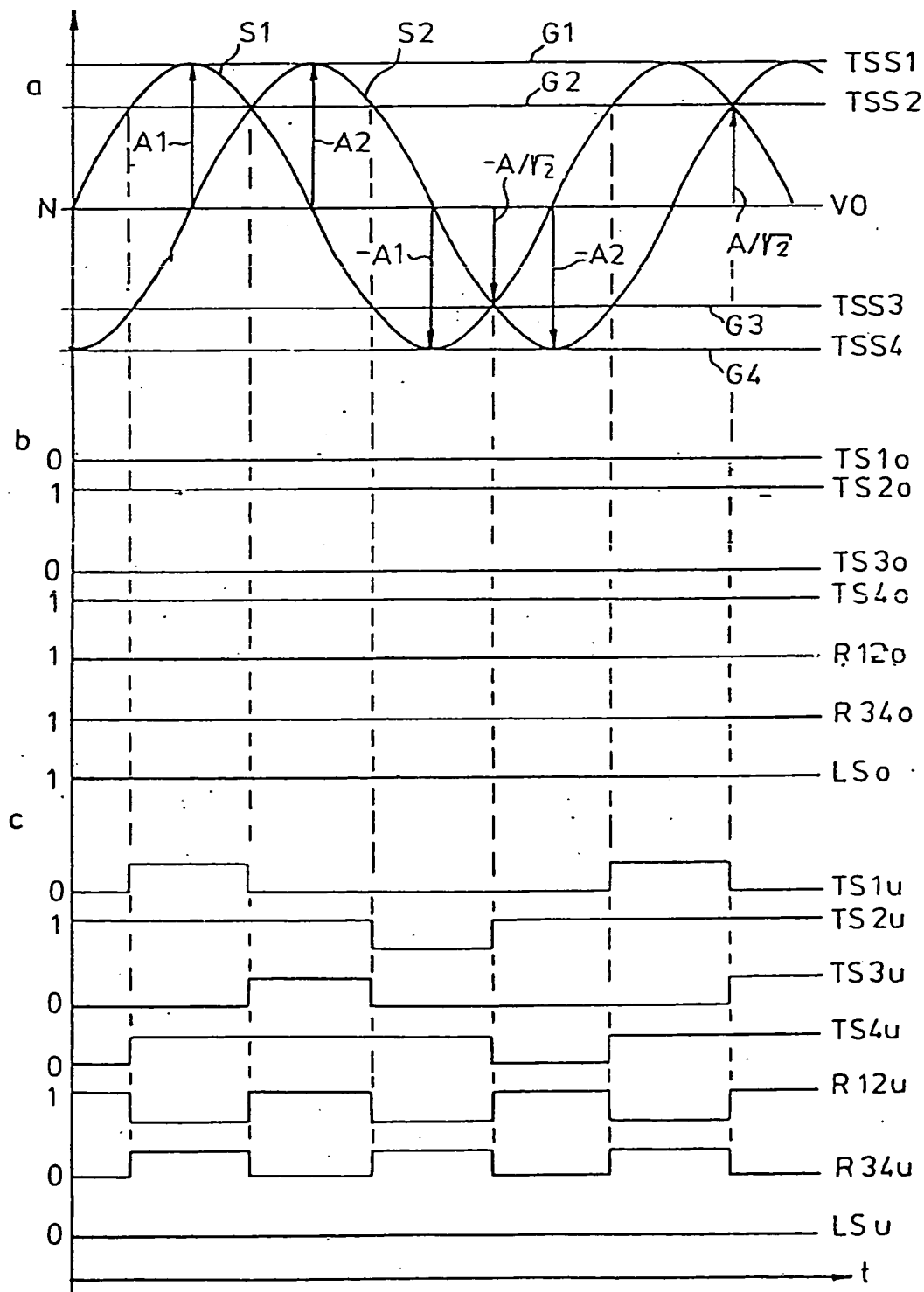
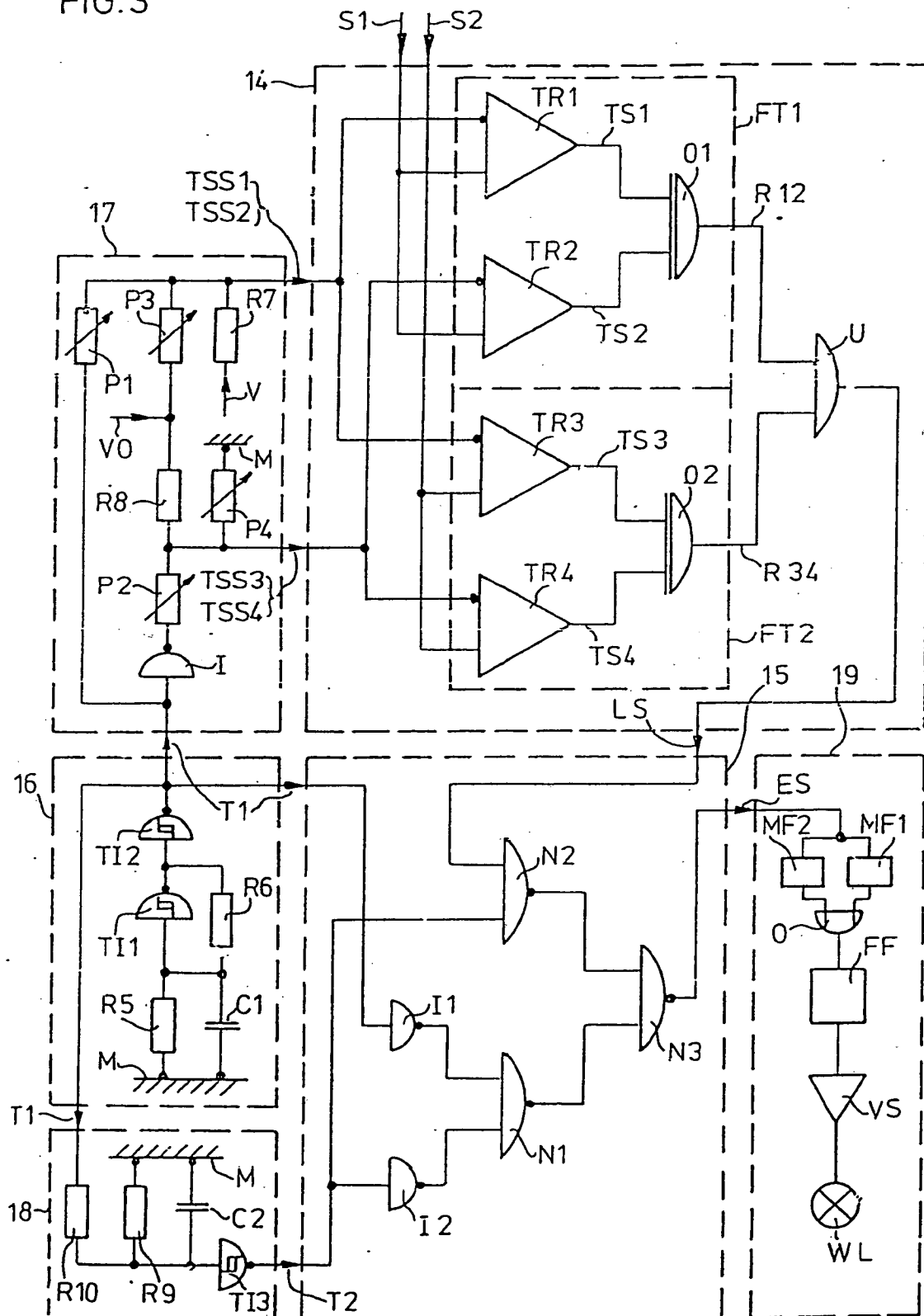


FIG. 3



[illegible]

FIG. 6

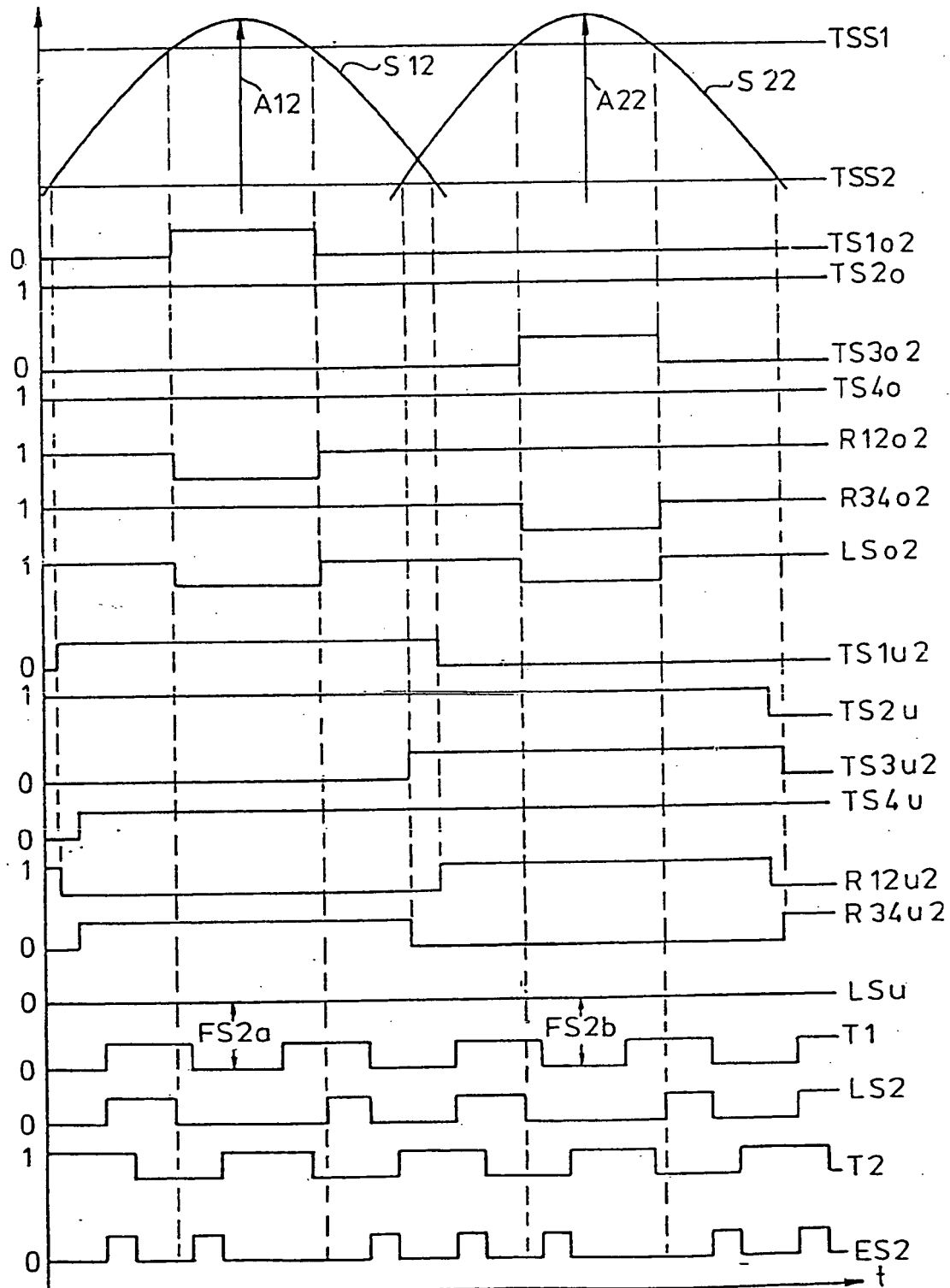


FIG. 7

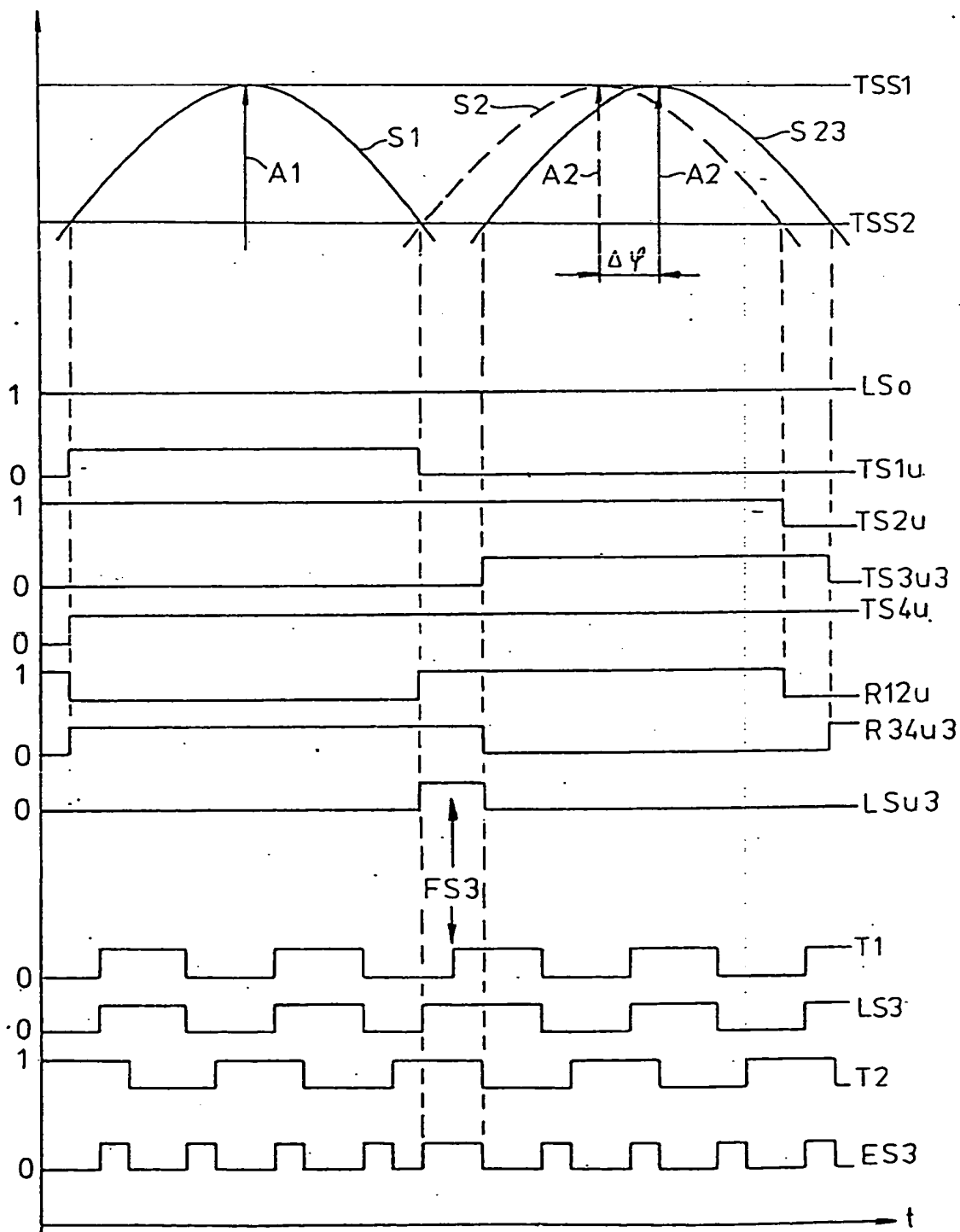


FIG. 8

Nummer:

35 09 682

Int. Cl.4:

G 01 B 21/00

Veröffentlichungstag: 9. März 1989

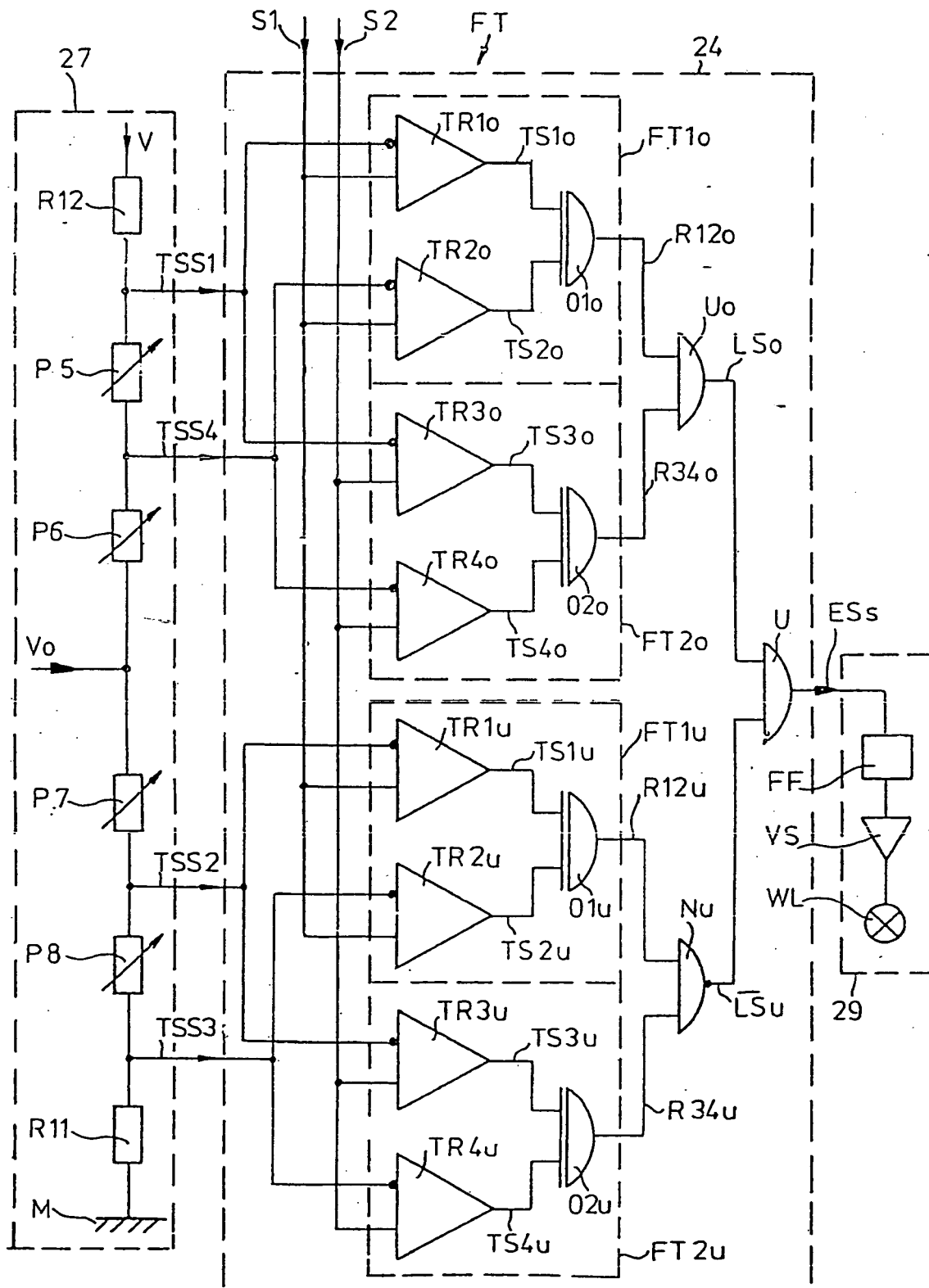


FIG. 9

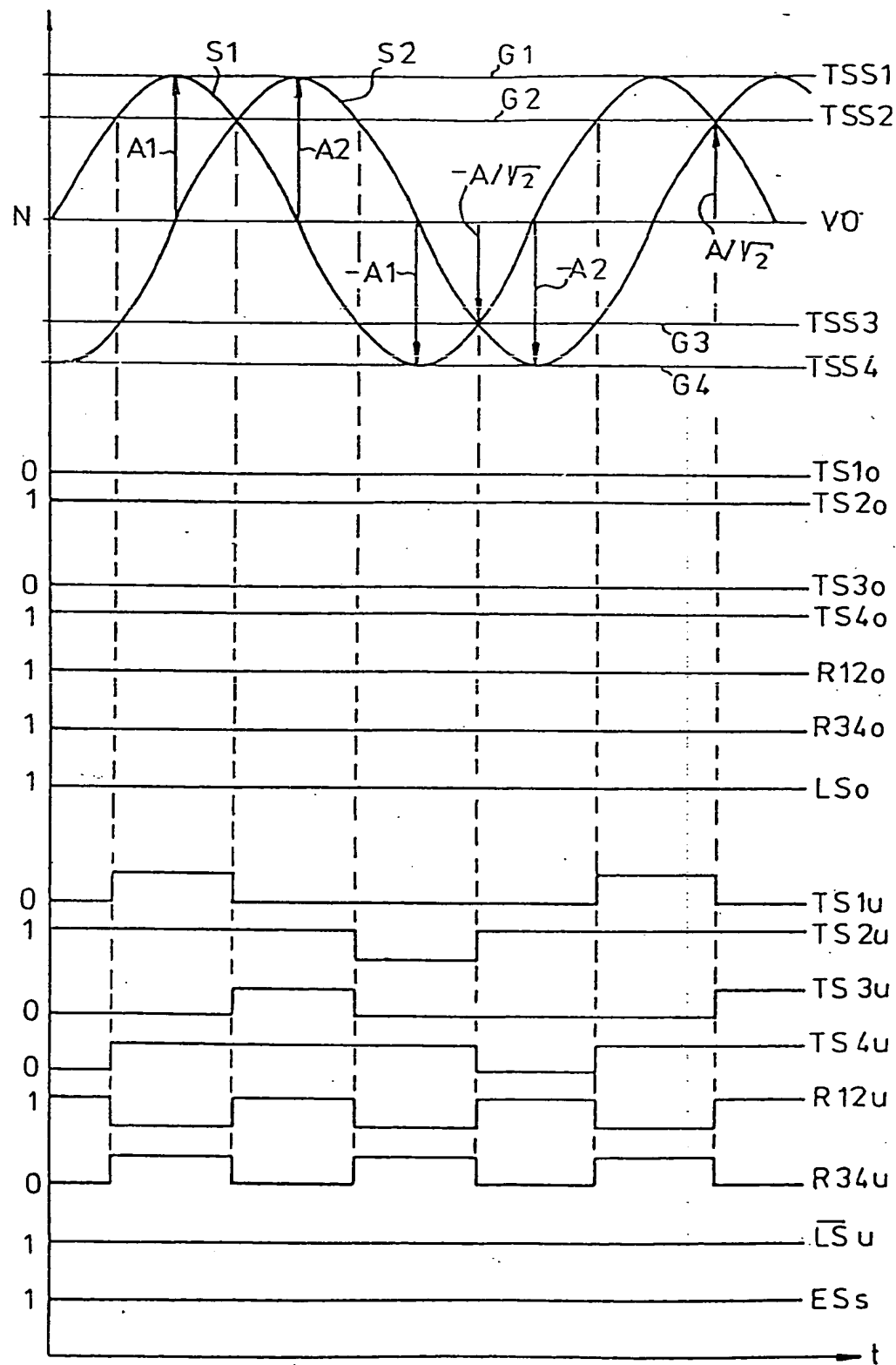


FIG. 10

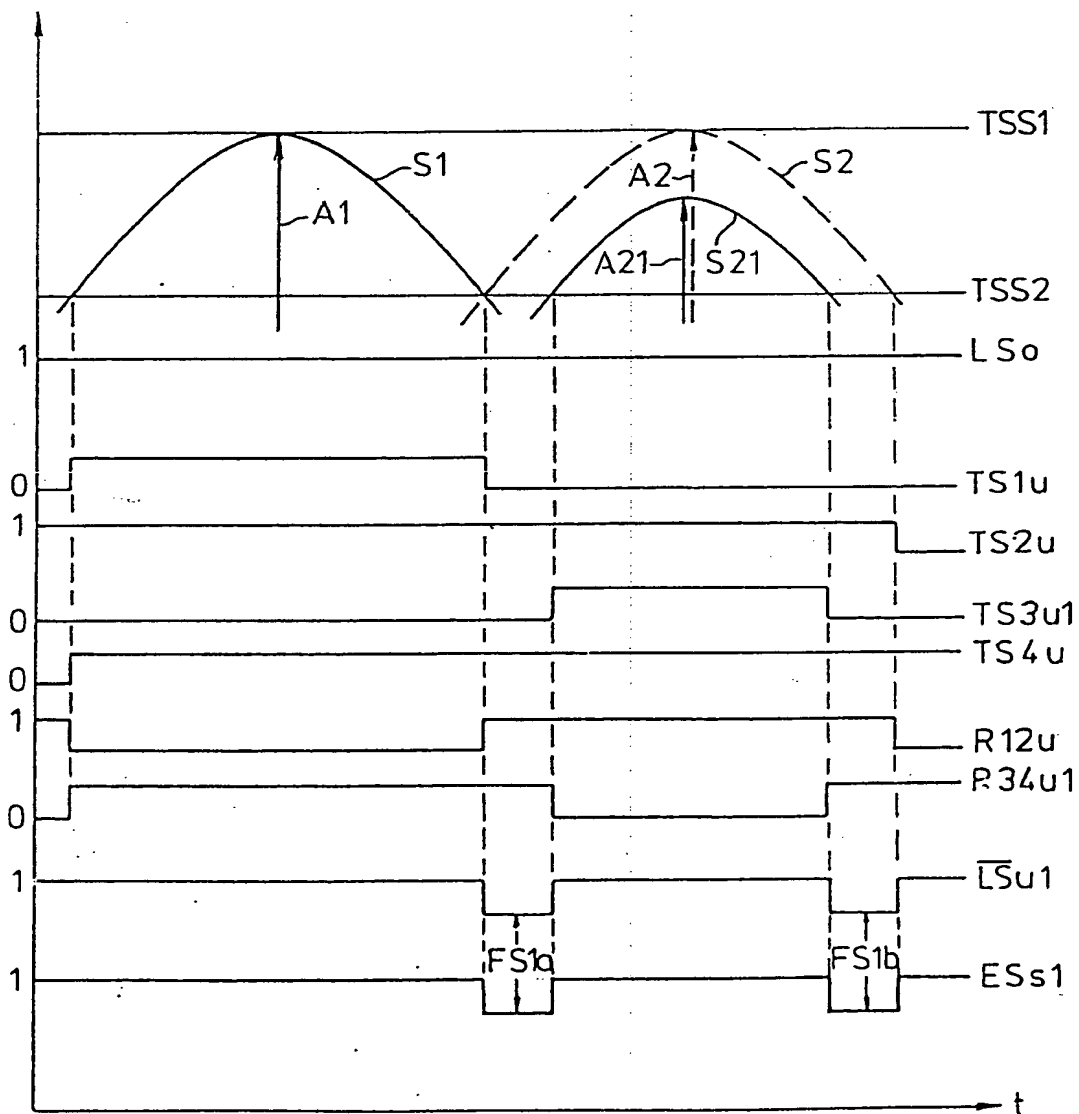


FIG. 11

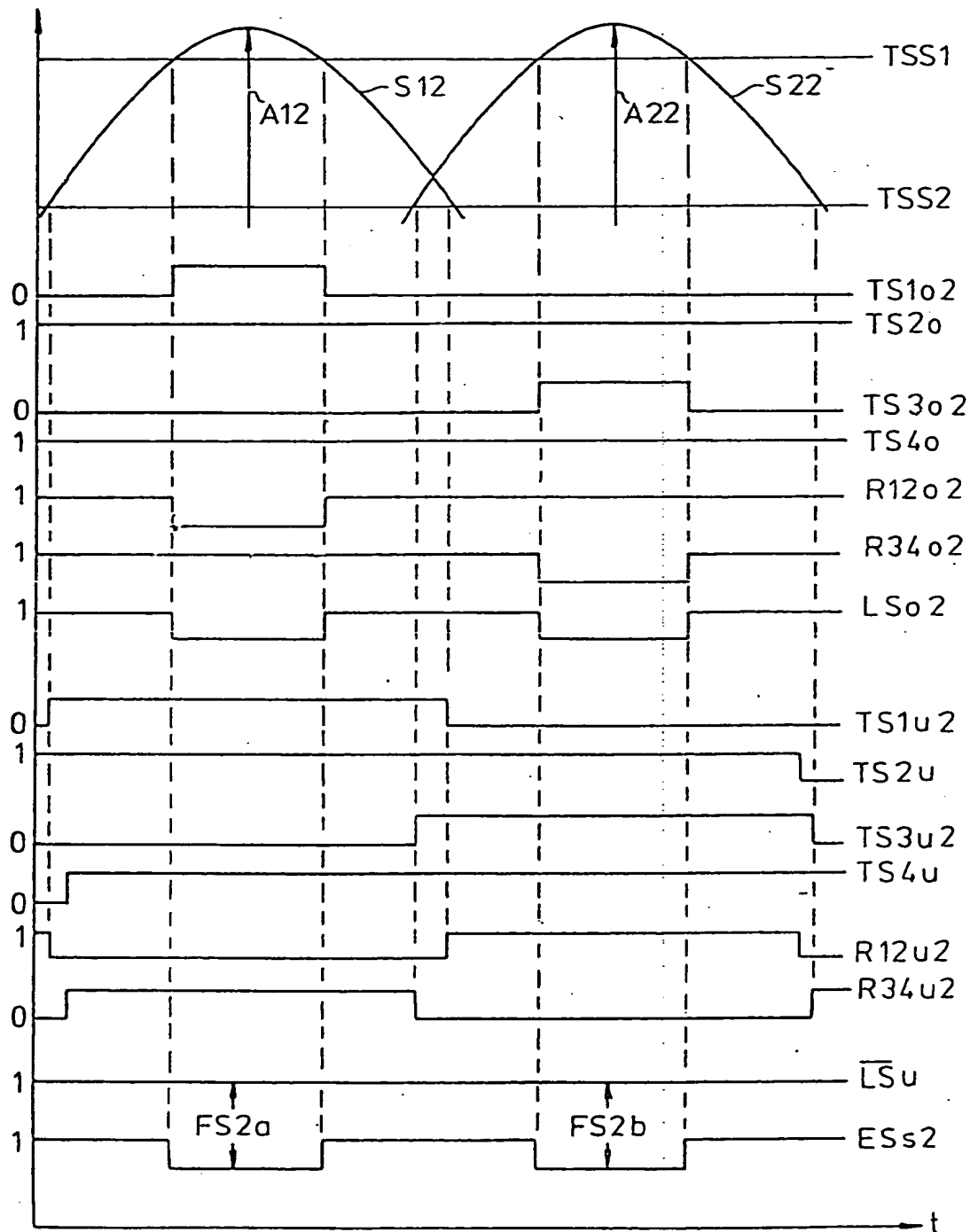
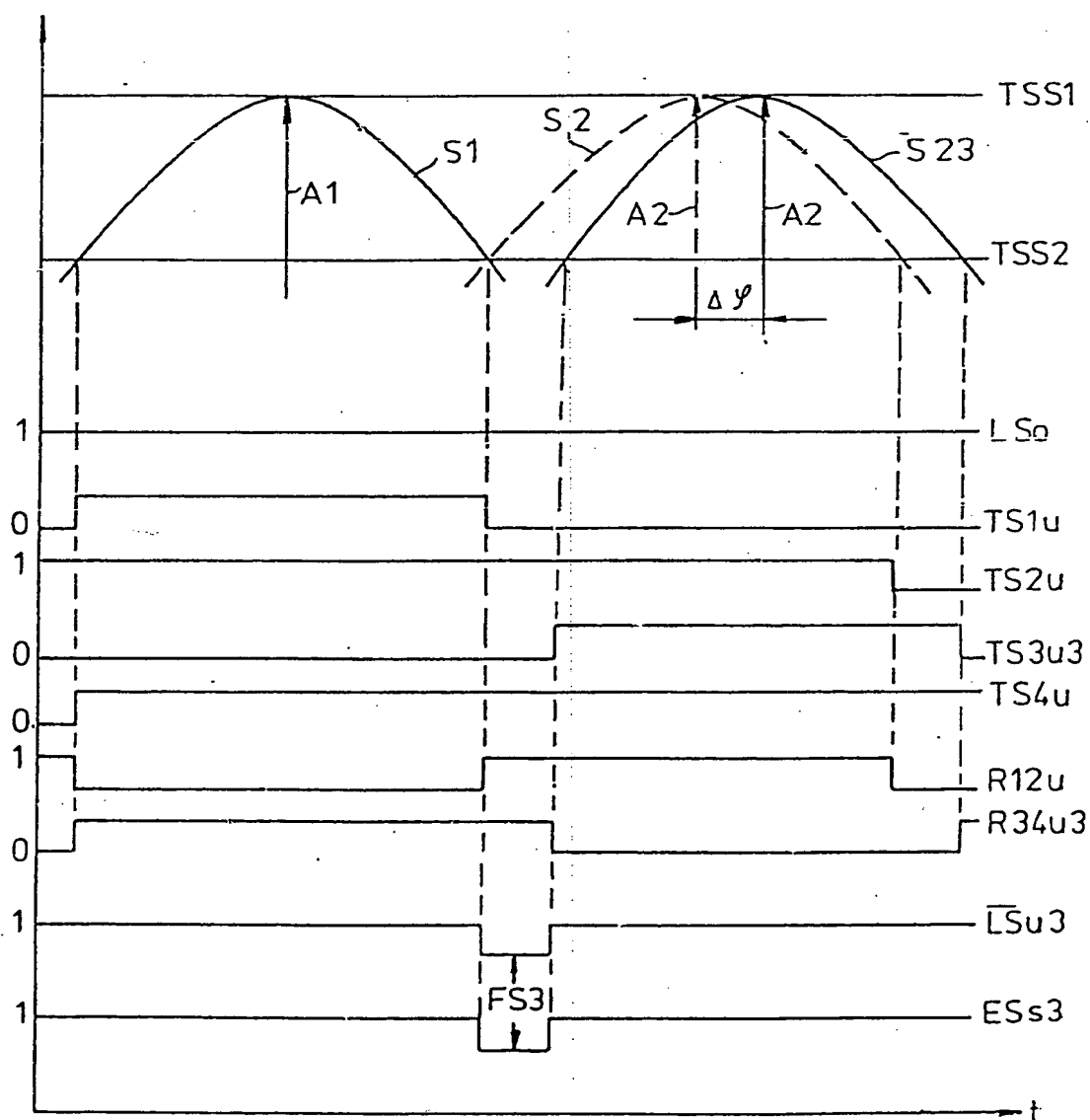


FIG. 12



=> s de 3509682/pn
L4 1 DE 3509682/PN
(DE3509682/PN)

=> d all

L4 ANSWER 1 OF 1 WPINDEX COPYRIGHT 2001 DERWENT INFORMATION LTD
AN 1986-252972 [39] WPINDEX
DNN N1986-189146
TI Error detector for incremental position measuring system - has logic
circuit and comparator for periodic checking of detected signal amplitudes
against upper and lower trigger voltages.
DC S02
IN HUBER, M
PA (HEIJ) HEIDENHAIN GMBH JOHANNES
CYC 1
PI DE 3509682 A 19860918 (198639)* 43p <--
DE 3509682 C 19890309 (198910) <--
ADT DE 3509682 A DE 1985-3509682 19850318
PRAI DE 1985-3509682 19850318
IC G01B021-00
AB DE 3509682 A UPAB: 19930922
A clock drives a trigger threshold generator which produces alternately
upper and lower trigger threshold voltages. These are fed with two scan
signals to a logic circuit containing triggers and logic elements.
The clock also drives a second clock and the two clock signals and
the output from the logic circuit are fed to a comparator which generates
a periodic signal to indicate an error-free condition. The logic circuit
checks the scan signals to ensure that their upper and lower amplitudes
are within tolerance.
USE/ADVANTAGE - Error detection in incremental measuring systems for
relative position of two objects, e.g tools and workpieces. The circuitry
is simple but can check all critical parameters of the detected signals.
0.12
FS EPI
FA AB
MC EPI: S02-A09

THIS PAGE BLANK (USPTO)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☒ **BLACK BORDERS**

☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☐ **FADED TEXT OR DRAWING**

☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER: _____**

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)